

基于物联网数据采集的携带型短路接地线监测系统研究

许洁¹ 凌佳凯¹ 诸铭¹ 王怡静² 米传民²

(1. 国网江苏省电力有限公司无锡供电分公司, 无锡, 214061; 2. 南京航空航天大学经济与管理学院, 南京, 211106)

摘要: 短路接地线是保证电力生产人身安全的重要设备。传统携带型短路接地线, 缺乏智能化的监测手段, 常出现漏挂、错挂、漏拆等情况, 给人身、设备以及电网安全带来安全隐患甚至发生人身伤亡事故。本文基于物联网技术, 设计包括感知层、网络层、平台层和应用层的总体框架, 研发接地线智能监测装置与系统, 实现对接地线分布、挂接状态、设备信息等的自动采集、移动实时监测和综合管理。通过在国网无锡供电公司实际场景试点, 证明该智能监测装置和系统能够直观展现接地设备多维度信息, 且具有实时性、移动性和扩展性特点, 有效辅助安全管理决策, 提升现场安全综合管控水平。

关键词: 物联网; 携带型短路接地线; 系统架构; 安全管控

中图分类号: TM862; TM932 **文献标志码:** A

Research on Portable Short Circuit Grounding Wire Monitoring System Based on IoT Data Acquisition

Xu Jie¹, Ling Jiakai¹, Zhu Ming¹, Wang Yijing², Mi Chuanmin²

(1. Wuxi Power Supply Branch, State Grid Jiangsu Electric Power Co. Ltd., Wuxi, 214061, China; 2. College of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing, 211106, China)

Abstract: The short-circuit grounding wire is an important device to ensure the personal safety of power production. The traditional portable short-circuit grounding wire lacks intelligent monitoring means, and often suffers from leakage, misconnection, and detachment, which brings safety hazards to personal, equipment, and power grid safety, and even personal injury or death. Based on the internet of things (IoT) technology, this paper designs the overall framework including the sensing layer, network layer, platform layer and application layer, and develops the grounding line intelligent monitoring device and system to realize the automatic collection and movement of grounding line distribution, hooking status and equipment information, real-time monitoring and integrated management. Through the actual scenario pilot of Wuxi Power Supply Company of State Grid, result shows that the intelligent monitoring device and system can visually display the multi-dimensional information of the grounding equipment, and have the characteristics of real-time, mobility and scalability, effectively assisting security management decision-making, and improving on-site security integrated control level.

Key words: internet of things; portable short-circuit grounding wire; system structure; safety control

引言

安全装设接地线是保障人身、设备以及电网安全的重要技术措施,可防止突然来电造成的对人体伤害^[1]。电网系统日趋复杂,作业过程中临时接地线使用频繁且地点分散,传统的携带型短路接地线缺乏智能的监测手段和管理系统,在使用过程中容易出现漏挂、错挂、漏拆等,存在极大的安全隐患^[2-4]。据国家电网公司统计,全国范围内,由于接地线使用不当造成的事故约占误操作事故的60%^[5]。

国内外对于接地线防误、管控等问题的研究一直是电力安全硬件设备方面的基础。随着物联网等新技术的不断发展^[6-8],相关研究工作逐渐向数字化、信息化、智能化方向展开^[9]。王永利等^[10]提出了基于时空布隆过滤器的RFID数据冗余清洗算法,郭宝宁^[11]对电力设备的温度信息采集进行了研究,赵敏等^[12]利用ZigBee技术、钱碧甫等^[13]基于物联网对作业现场接地线挂接、拆除等进行状态判断。Derekenaris等^[14]、王身丽等^[15]通过GPS技术实现接地线的位置跟踪,杨会涛等^[16]对高压接地线专用存放柜的存放和出入库监管进行了系统研究,邢晓敏等^[17]、马强等^[18]对接地线管理从系统角度进行了设计与应用研究探讨。但目前大部分研究针对接地线的软件或硬件部分进行技术解决,缺乏系统性和整体性,不能从根本上解决临时接地线安全监测问题。如何解决接地线挂接可靠性问题、精确识别接地线地理位置和入地深度、实现对电力线路工作接地线的实时监测,仍是电力安全管理的重要问题。

本文设计了基于物联网技术的携带型短路接地线监测系统总体架构,研发一套包括接地线操作棒端和地钎端的监测硬件装置进行接地状态信息采集,并对采集系统的工作流程进行设计;通过应用测试,验证系统效果,发现可实现对接地线分布、挂接状态、入地深度、设备信息等的自动数据采集和实时监测,有效提升对接地装置的综合安全管理。

1 基于物联网的携带型短路接地线监测系统架构

本文按照“数据集中管控、应用多级扩展”总体思路,设计了基于物联网的携带型短路接地线监测系统。整个系统架构由感知层、网络层、平台层和应用层构成,如图1所示。

感知层主要由智能携带型短路接地线的硬件装置部分以及物联标签组成。网络层将底层设备基

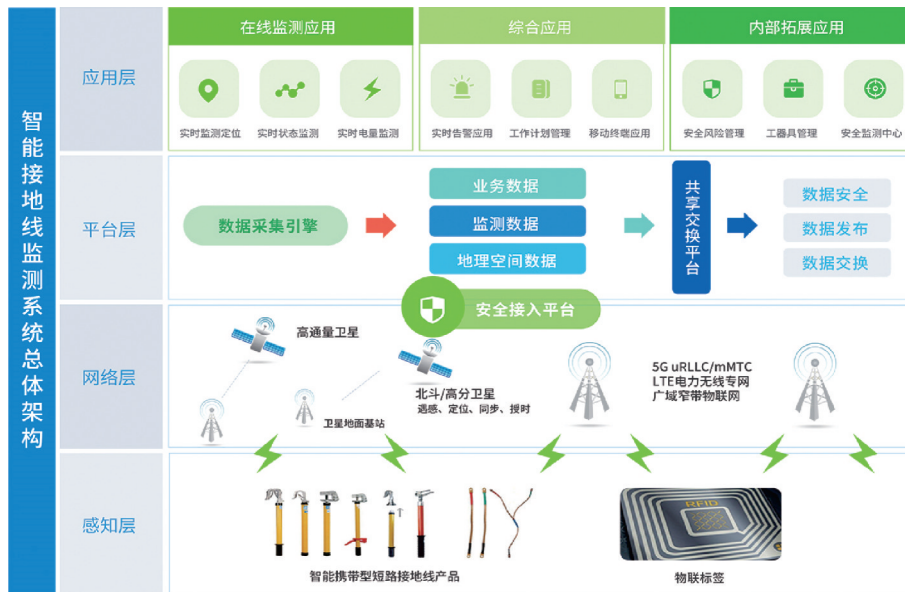


图1 携带型短路接地线监测系统总体架构

Fig.1 Overall architecture of intelligent portable short-circuit grounding wire monitoring system

于物联网技术自动采集的智能接地线的信息状态数据在经过安全接入平台的加密处理后,上传至平台层。平台层实现业务数据、监测数据和地理空间数据的汇聚、分析与处理,并通过共享交换平台,可实现数据的对外发布与交换。应用层是在业务应用层面的具体实现,包括在线监测应用、综合应用管理、内部拓展应用3个模块。

在系统功能上,实现接地线挂接、拆除等关键工作节点状态的消息提醒,为现场工作负责人、停送电申请人(工作许可人)以及调度监控人员提供可视化的接地线状态监测与预警,全面提升携带型短路接地线全过程管控水平。

除了在本地业务系统进行状态显示和设备应用,系统可以通过HTTP接口直接上报接地线设备状态信息到省级物联网平台(内网平台),并可转换推送至后台应用系统,由大屏展示模块、状态监测模块、设备管理模块、工作计划管理模块、告警管理模块等应用模块进行数据监测与集中管理。

从特征上看,基于物联网数据采集的接地状态,通过物联网自动采集接地状态、设备位置、电池电量等信息,并通过通信传输到平台中,实现了接地状态的自动化、数字化、网络化、智能化,有效解决传统便携式接地设备不能对设备状态信息数字化展现的问题。

2 携带型短路接地线监测硬件设计

硬件部分主要由操作棒端和地钎端组成,各装置端都配有基于物联网的数据采集、传输系统,用于对接地线状态信息进行自动采集、处理及上传。

2.1 操作棒端监测装置工作原理与结构设计

2.1.1 工作原理

操作棒端监测装置通过检测到压感模块的压力数值来对接地线的挂接状态进行判断,从而实现实时监测,具体原理如下:

(1) 当高压线路被接地线紧固件紧固时,压感模块处于受压状态,其通过远距离通讯模块自动将压力值上传至接地线智能监测系统的AI芯片核心,系统根据相应的压力值判断接地线是否处于挂接状态;

(2) 当接地线与接地线紧固件松开时,压感模块处于无受压状态,此时AI芯片则没有接收到相应的压力数值,则接地线处于非挂接状态。

与此同时,接地线智能监测装置的AI芯片中其他功能模块利用定位、传感器等技术对接地线状态信息进行实时监测。

AI芯片对所有监测信息进行汇总和处理后,通过通讯模块将处理结果发送至上位机,最后传输至接地线监测系统。

2.1.2 结构设计

携带型短路接地线操作棒端由绝缘操作棒、导线夹、短路线、接地端子、汇流夹、接地夹组成。其中,接地夹连接接地端与接地线,导线夹连接短路线与输电线,直接影响接地线的可靠性^[19]。本文主要针对操作棒在机械结构上进行设计改造,同时加装智能监测装置。改进后的装置包括:接地线紧固件、压感模块、上推螺纹和检测电路,如图2所示。图中,接地线紧固件用于对接地线设备进行紧固,压感模块位于接地线操作棒装置挂钩部分的下方,上推螺纹的另一端连接接

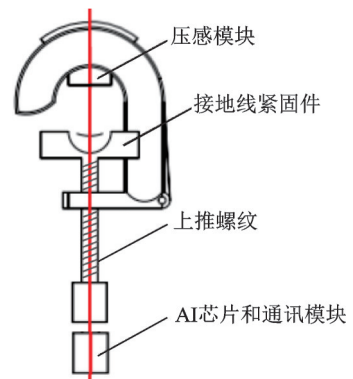


图2 携带型接地线智能监测装置结构
Fig.2 Structure of the portable and intelligent monitoring device for grounding wires

地线紧固件,检测电路在上推螺纹的下部,置于操作棒绝缘杆中,AI芯片主要用于前端信息的初步智能处理,通讯模块主要用于向上位机上传状态数据。

2.2 地钎端监测装置的工作原理与结构设计

2.2.1 工作原理

具体原理如下:

(1)激光测距模块测量防护板到地面的距离。防护板下方入地部分总长度减去测量距离,获取入地深度。

(2)加速度传感器检测当前钎杆角度状态。当地钎处于水平状态时,不启用激光测距模块,当地钎处于垂直于地面的状态时,启用激光测距模块,并根据角度进一步校准防护板到地面的距离提高测距精度。

(3)当感光装置的光线传感器被遮挡,通过感光状态辅助判断入地深度。

(4)地钎测距装置和感光装置采用物联网远距离通讯模块与操作棒的通讯模块之间进行通讯,由其将判断结果发送至上位机,告知地钎的当前状态。

2.2.2 结构设计

携带型接地线智能装置的地钎结构如图3所示。其中,地钎测距盒位于防护板的下方,内部包括激光测距模块、信息采集器和带远距离传输的远距离通讯模块等,感光装置位于钎杆上的地钎插地深度标准位置。通过物联网远距离通讯模块,可将采集到的接地装置相关的带电和举例等状态信息以及位置等管理信息传输到智能监测系统。

2.3 前端数据采集系统设计

携带型短路接地线智能监测装置系统核心是前端数据采集管理系统,其组成主要部分包括AI芯片、北斗定位模块、加速度传感模块、NB通讯模块、远距离通讯模块和带SOC检测保护的电源电路模块。其中,压力传感、地钎测距、地钎感光信息通过远距离通讯模块传输至AI芯片。智能携带型短路接地线数据采集系统结构如图4所示。

智能携带型短路接地线数据采集管理系统的工作流程如图5所示。从功能上,包括4个功能模块:

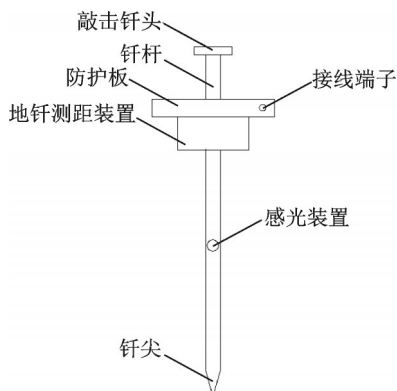


图3 携带型接地线智能装置地钎结构
Fig.3 Ground brazing structure of the portable and intelligent device for grounding wires

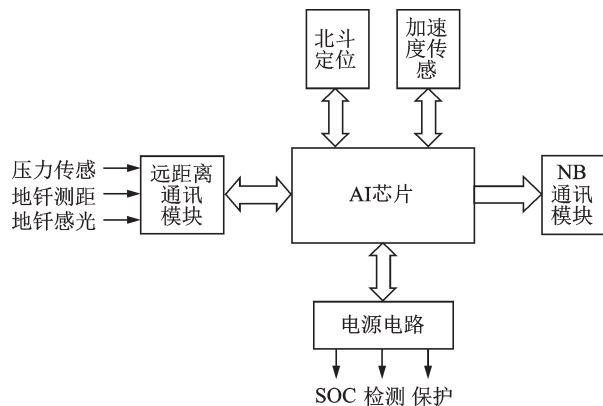


图4 智能携带型短路接地线前端数据采集系统结构
Fig.4 Structure of intelligent portable data acquisition system for short-circuit grounding wire

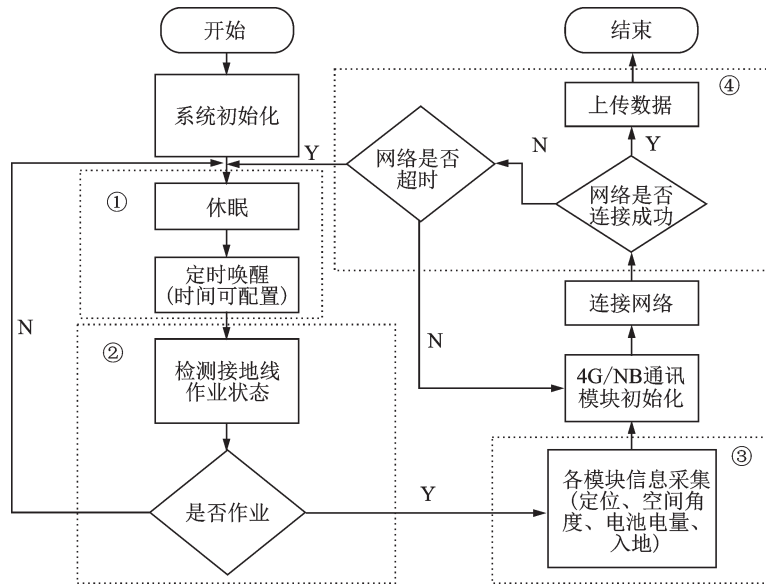


图5 智能携带型短路接地线数据采集系统工作流程

Fig.5 Workflow of the portable and intelligent monitoring system for short circuit grounding wires

① 智能电源管理模块

智能电源管理模块控制在接地线不处于挂接状态时,或通讯网络连接超时情况下定时进入休眠状态,休眠状态可通过动作中断唤醒或自动定时唤醒,从而节省电池电量,延长待机时间。

② 挂接状态监测模块

该模块在系统唤醒后,自动进行接地线挂接状态检测。若成功检测到相应数值的信息,则接地线处于挂接状态,系统继续对接地线其他状态进行检测;若未成功检测到信息,则接地线处于非挂接状态,且通讯未超时,系统返回休眠状态,否则系统将继续对接地线其他状态进行检测。

③ 其他状态监测模块

本文提出的接地线智能监测系统,除了挂接状态外,还对接地线地理位置、挂接角度和电池电量信息进行检测。因此,该功能模块包括3个子模块:北斗定位模块、加速度传感器模块、电量检测模块。

④ 信息通讯模块

通过②和③模块完成接地线实时状态信息采集后,智能监测系统将对通讯模块进行初始化,并尝试连接网络将接地线的状态数据发送至上位机系统。

3 系统应用测试

在国网无锡供电公司主要的接地相关作业应用场景进行了测试应用。测试环境中,现场作业人员携带本文研究开发的硬件装置,以及在智能手机上安装的APP;同时在公司的安全监测中心大屏上进行系统后台Web监测展示。

结果显示:(1)该系统能够在带有GIS地理信息的系统平台上直观展示在用接地线的分布信息、挂接状态信息、设备状态和告警信息,如图6所示,为安全监督部门、调度监控人员整体了解设备状态提供了直观、形象的方式,有效辅助决策。(2)通过移动终端APP形式,如图7所示,可显示更细节的信息,方便现场工作负责人、停送电负责人、工作许可人员开展业务相关的安全管理,有效提高人身和设备安全。



图6 接地线智能监测系统平台展示界面

Fig.6 Display interface of the safety risk management and control system



图7 接地线智能监测APP应用界面

Fig.7 Application interface

4 结束语

针对携带型接地装置现存问题,基于互联网开放思路以及物联网传感技术,设计具有自动化检测状态、数字化状态记录、网络化状态传输特征的硬件设备,构建智能监测系统总体架构,实现接地线状态信息的实时监测和综合管理。通过实现现场接地线状态的实时监测,及时发现现场接地线挂接违章事件,确保接地线安全工器具的规范操作和安全管控;使得各层级人员能够实时掌握接地线装设状态;同时也是泛在电力物联网在安全工器具这一基础而又重要的设备上的落地应用。

下一步研究的方向包括:携带型短路接地线电池免拆除的智能化应用,通过引入无线充电接收、发射装置的手段,提升携带型短路接地线运检装备水平;融合安全作业管理、安全督查、安全工器具管理等管控手段,提出从作业计划、作业准备、作业实施到监督考核全过程、标准化的现场作业安全管控新模式,进一步提升现场作业安全管控能力。

参考文献:

- [1] 李锐锋. 电力系统变电运行安全管理与设备维护[J]. 电子技术与软件工程, 2019(14): 243-244.
Li Ruifeng. Power system substation operation safety management and equipment maintenance[J]. Electronic Technology and Software Engineering, 2019(14): 243-244.
- [2] 王理金, 李金雄. 接地线使用注意事项[J]. 电力安全技术, 2005, 7(4): 46.
Wang Lijin, Li Jinwei. Notes on the use of grounding wire[J]. Electric Safety Technology, 2005, 7(4): 46.
- [3] 杨震强. 恶性误操作事故分析及防范[J]. 电力安全技术, 2009, 11(10): 30-33.
Yang Zhenqiang. Analysis and prevention of malignant misoperation accidents[J]. Electric Safety Technology, 2009, 11(10): 30-33.
- [4] 张伟. 安全工器具管理系统的研究与实现[D]. 济南: 山东大学, 2012.
Zhang Wei. System of the safety application management research and realization[D]. Jinan: Shandong University, 2012.
- [5] 刘李. 智能接地线管理系统在电力企业中的应用[J]. 电力安全技术, 2017, 19(10): 60-63.
Liu Li. Application of intelligent grounding line management system in power enterprises[J]. Electric Safety Technology, 2017, 19(10): 60-63.
- [6] 赵志毅. 计算机物联网的应用与物联网的关键技术[J]. 电子技术与软件工程, 2019(2): 123.
Zhao Zhiyi. Application of computer internet of things and its key technologies[J]. Electronic Technology and Software Engineering, 2019(2): 123.
- [7] 陈坚, 何峰, 吴乐南, 等. 物联网的测控对象与代理模型[J]. 数据采集与处理, 2012, 27(S1): 190-193.

- Chen Jian, He Feng, Wu Lenan, et al. Objects and agents of distributed measurement and control in internet of things[J]. Journal of Data Acquisition and Processing, 2012, 27(S1): 190-193.
- [8] 曾琦器, 万鲲鹏, 张昕慧. 物联网技术在变压器运行管理中的应用[J]. 机电信息, 2019(21): 86-87.
Zeng Qiqi, Wan Kunpeng, Zhang Xinhui. Application of IoT technology in transformer operation management[J]. Mechanical and Electrical Information, 2019(21): 86-87.
- [9] 彭彬, 于浩, 吕晓俊. 新一代在线监控临时接地线管理系统的开发与应用[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(24): 110-114.
Peng Bin, Yu Hao, Lv Xiaojun. A new generation on-line monitoring temporary grounding line management system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(24): 110-114.
- [10] 王永利, 王川, 蒋效会, 等. 基于时空布隆过滤器的RFID冗余数据清洗算法[J]. 南京理工大学学报, 2015, 39(3): 253-259.
Wang Yongli, Wang Chuan, Jiang Xiaohui, et al. RFID duplicate removing algorithm based on temporal-spatial Bloom filter[J]. Journal of Nanjing University of Science and Technology, 2015, 39(3): 253-259.
- [11] 郭宝宁. 面向电力设备的温度检测节点功耗研究及自供电电源设计[J]. 数据采集与处理, 2018, 33(6): 1112-1118.
Guo Baoning. Power consumption and design of self-powered energy management for temperature detecting node in power systems[J]. Journal of Data Acquisition and Processing, 2018, 33(6): 1112-1118.
- [12] 赵敏, 常杰, 孙隼华. 基于 Zig Bee 和 ARM 的分布式 RFID 信息采集系统的设计[J]. 传感器与微系统, 2011, 30(9): 105-108.
Zhao Min, Chang Jie, Sun Dihua. Design of distributed RFID data collection system based on Zig Bee and ARM[J]. Transducer and Microsystem Technologies, 2011, 30(9): 105-108.
- [13] 钱碧甫, 林高翔, 蒋永康, 等. 基于物联网的接地线无线实时防误系统的研究[J]. 电工技术, 2014(11): 41-42.
Qian Bifu, Lin Gaoxiang, Jiang Yongkang, et al. Research on wireless real-time error prevention system of grounding wire based on Internet of Things[J]. Electrotechnical, 2014(11): 41-42.
- [14] Derekenaris G, Garofalakis J, Makris C, et al. Integrating GIS, GPS and GSM technologies for the effective management of ambulances[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2001, 25(3): 267-278.
- [15] 王身丽, 胡川, 王伟东, 等. 基于高精度 GPS 定位的输电线路检修安全措施管理系统开发[J]. 湖北电力, 2017, 41(8): 15-18.
Wang Shenli, Hu Chuan, Wang Weidong, et al. Development of management system for transmission line maintenance safety measures based on high precision gps positioning[J]. Hubei Electric Power, 2017, 41 (8): 15-18.
- [16] 杨会涛, 刘谷花, 赵宪忱. 高压接地线专用存放柜的研究与应用[J]. 电工技术, 2018(7): 130-131, 134.
Yang Huitao, Liu Guhua, Zhao Xianchen. Research and application of special storage cabinet for high voltage grounding wire[J]. Electrotechnical, 2018(7): 130-131, 134.
- [17] 邢晓敏, 陈成, 张鹏宇, 等. 无监测盲点的智能临时接地线管理系统的开发和应用[J]. 水电能源科学, 2017, 35(7): 194-197.
Xing Xiaomin, Chen Cheng, Zhang Pengyu, et al. Development of intelligent temporary grounding line management system without monitoring blind spots and its application[J]. Water Resources and Power, 2017, 35(7): 194-197.
- [18] 马强. 智能工作接地线管理系统的设计与应用[D]. 济南: 山东大学, 2018.
Ma Qiang. Design and application on smart grounding wire and its management system[D]. Jinan: Shandong University, 2018.
- [19] 顾艳君. 新型超高压短路接地线导线端线夹的设计与分析[D]. 苏州: 苏州大学, 2012.
Gu Yanjun. Design and analysis of new short circuit ground wire clamber for EHV transmission lines[D]. Suzhou: Suzhou University, 2012.

作者简介:



许洁(1981-),男,高级工程师,研究方向:电力安全管理、泛在电力物联网,E-mail: 6133306@qq.com。



凌佳凯(1978-),男,工程师,研究方向:电力安全管理、一流配电网规划。



诸铭(1970-),男,工程师,研究方向:电力安全管理、传感器现场应用。



王怡静(1996-),女,硕士研究生,研究方向:电力安全管理。



米传民(1976-),男,副教授,硕士生导师,研究方向:不确定理论、风险管理、数据科学,E-mail:cmmi@nuaa.edu.cn。